

УДК 658.24

А.А.АЛЕКСАХИН, канд. техн. наук, В.И.УГЛОВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ОБРАТНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

На основании решения дифференциального уравнения, описывающего тепловой режим обратного теплопровода, получена зависимость для нахождения температур в произвольном сечении при задании температуры на входе в трубопровод из ответвлений степенной функцией. Выполнено сопоставление точности вычислений по предложенной формуле и формулам, полученным для других законов изменения параметров теплоносителя по длине теплопровода.

Точность расчетов температур теплоносителя по длине обратного трубопровода разветвленных тепловых сетей существенно зависит как от способа задания закона изменения притока массы, так и от характера изменения по длине трубопровода температуры из ответвлений.

В качестве возможных вариантов задания закона изменения расхода вдоль трубопровода рассмотрены линейный и степенной законы [1]:

$$G(x_1) = G_{mp} + \alpha \cdot G_n \cdot (x_1 / L), \quad (1)$$

$$G(x_1) = G_{mp} + G_n \cdot (x_1 / L)^n, \quad (2)$$

где x_1 – текущая координата; G_{mp} – расход теплоносителя в сечении $x_1=0$; G_n – общий приток теплоносителя из ответвлений; L – длина трубопровода; α – коэффициент пропорциональности.

Решение дифференциального уравнения, полученного из соотношений теплового баланса для элементарного участка обратного трубопровода для случаев притока массы с постоянной температурой и при ее линейном изменении вдоль трубопровода, описываемым зависимостью (3), выполнено в [2]. В работе на примере расчетов для фрагмента системы отопления жилого микрорайона показано, что во втором случае обеспечивается лучшее приближение к фактическому распределению температур

$$\tau_2(x_1) = \tau_{02} + \Delta\tau_2(x_1 / L_1), \quad (3)$$

где τ_{02} – температура в начальном сечении обратного трубопровода; $\Delta\tau_2 = \tau_{21} - \tau_{02}$; τ_{21} – температура теплоносителя на входе в обратный трубопровод основной ветви из ответвления, удаленного на расстояние L_1 от начала координат.

В настоящей работе рассмотрена возможность использования степенного закона в виде

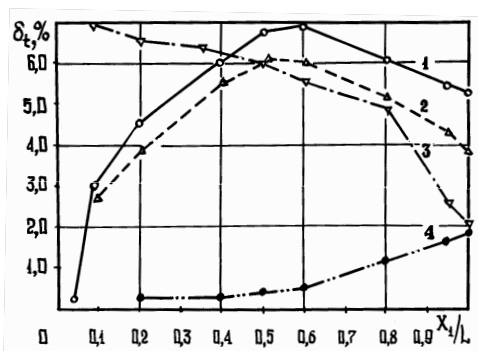
$$\tau_2(x_1) = \tau_{02} + a(x_1 / L_1)^m, \quad (4)$$

где a – множитель, определяемый по результатам замеров или расчетным путем для конкретной сети.

Целью работы является рассмотрение влияния способа задания расхода и температуры притока массы на точность определения температуры теплоносителя в сечениях обратного трубопровода. Результаты решения дифференциального уравнения для элементарного участка при различных законах изменения параметров приведены в таблице. Формулы (6), (7) получены при тех же предпосылках, что и предложенное в [2] уравнение (5).

Анализ точности вычислений по приведенным зависимостям проведен в соответствии с [3].

Распределение ошибки вычислений температуры по длине трубопровода показано на рисунке. При использовании зависимости (5), (6) среднеинтегральное значение абсолютной величины погрешности для случая $L = L_1$ в интервале $0 \leq x_1 / L \leq 1$ составляет около 5,4% при максимальной ее величине около 7%. Особенностью применения (6) является повышение точности вычислений в области близких к единице значений x_1 / L . Средняя ошибка в диапазоне $0,6 \leq x_1 / L \leq 1$ равна около 4,3%, что примерно в 1,4 раза меньше, чем при использовании (5) для того же интервала длин. Как видно из рисунка, для соотношений $L / L_1 < 1$ ошибка расчетов ожидается ниже.



Распределение ошибки вычисления температуры по длине обратного трубопровода:

1, 2 – при вычислениях по (5); 3 – по (6); 4 – по (7); 1, 3, 4 – $L = L_1$; 2 – $L = 0,8L_1$.

Расчетные зависимости для нахождения изменения температуры
по длине обратного трубопровода теплосети

Способ задания изменения вдоль трубопровода расхода		Расчетная зависимость	Номер формулы
$G(x_1)$	температуры $\tau_2(x_1)$		
ф. (1)	ф. (3)	$t_2 = \frac{\tau_{02} \cdot \frac{G_{mp}}{G_n \cdot \alpha} + \frac{x_1}{L} \left(\frac{\Delta \tau_2 \cdot x_1}{2 \cdot L_1} + \tau_{02} \frac{B'}{\alpha} \right)}{\frac{G_{mp}}{G_n \cdot \alpha} + \frac{x_1}{L}}$ $B' = q_2' \cdot L \cdot \beta / (c \cdot G_n)$	(5)
ф. (2)	ф. (3)	$t_2 = \tau_{02} + \frac{\frac{n \cdot \Delta \tau_2}{n+1} \left(\frac{x_1}{L_1} \right) \left(\frac{x_1}{L} \right)^n - \frac{q_2 \cdot x_1}{c \cdot G_n}}{\frac{G_{mp}}{G_n} + \left(\frac{x_1}{L} \right)^n}$	(6)
ф. (2)	ф. (4)	$t_2 = \tau_{02} + \frac{\frac{n \cdot a}{n+m} \left(\frac{x_1}{L_1} \right)^{n+m} - \frac{q_2 \cdot x_1}{c \cdot G_n}}{\frac{G_{mp}}{G_n} + \left(\frac{x_1}{L} \right)^n}$ <p>q_2 – удельные теплопотери</p>	(7)

При практическом использовании формулы (7) возникает необходимость решения вопроса о значениях множителя и показателя степени. Оценка величины m может быть выполнена в предположении, что у потребителей теплота расходуется для работы отопительных комплексов, а охлаждение теплоносителя на участках ответвлений от зданий до входа в трубопровод ветви пренебрежимо мало. При этом температуру теплоносителя на входе в теплопровод из каждого ответвления можно найти из уравнения

$$Q_0 = c \cdot G_0 \cdot [t_1(x_1) - \tau_2(x_1)], \quad (8)$$

где $Q_0 = \bar{Q}_0 \cdot Q_{o.p.} = \bar{Q}_0 \cdot c \cdot G_{o.p.} \cdot \Delta \tau_c^p$ – расход теплоты на отопление здания; \bar{Q}_0 – относительная отопительная нагрузка; $Q_{o.p.}$ и $G_{o.p.}$ – расходы теплоты и теплоносителя на отопление при расчетной температуре наружного воздуха, соответственно; $\Delta \tau_c^p$ – расчетная разница температур теплоносителя в тепловой сети.

Используя предложенное в [4] соотношение для распределения температуры теплоносителя по длине подающего трубопровода и уравнение (8), зависимость для определения температуры на входе в трубопровод из ответвлений имеет вид:

$$\tau_2(x_1) = t_{окр} + (\tau_1 - t_{окр}) \left[1 - \left(1 - \frac{G_{mp}}{G_0} \right) \left(1 - \frac{x_1}{L} \right) \right]^A - \bar{Q}_0 \cdot \Delta \tau_c^p, \quad (9)$$

где $t_{окр}$ – температура окружающей среды для соответствующего способа прокладки сетей; G_0 , τ_1 – расход и температура теплоносителя на входе в подающий трубопровод.

Совместный анализ зависимостей (4), (9) показал, что показатель степени m определяется, главным образом, величиной соотношения G_{mp} / G_0 и, в соответствии с критериями [5], для описания зависимости наиболее приемлемой является степенная функция. Уравнение

$$m = 1,02(G_{mp} / G_0)^{0,26} \quad (10)$$

позволяет задавать значения показателя с погрешностью около 3%.

Для приведенного в [4] фрагмента жилого микрорайона определены значения множителя $a = 7,9$ в формуле (4), показатели степени $n = 1,9$ в уравнении (2) и по формуле (7) рассчитаны температуры теплоносителя в сечениях обратного трубопровода. Средняя по длине ветви погрешность по абсолютной величине составила около 1,1%.

Таким образом, применение степенной зависимости при описании законов изменения расхода теплоносителя в обратном трубопроводе и температуры на входе в него из ответвлений позволяет в несколько раз снизить ошибку расчетов температуры теплоносителя в сечениях теплопровода, что делает зависимость (7) предпочтительной при описании изменения температуры теплоносителя по длине обратного трубопровода.

1.Справочник по гидравлике / Под ред. Б.А.Большакова. – К.: Вища школа, 1984. – 343 с.

2.Алексахин А.А., Деркач И.Л., Мирошниченко Б.В. Расчет изменения температуры теплоносителя по длине обратного трубопровода тепловых сетей // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.76. – К.: Техніка, 2007. – С.226-232.

3.Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.

4.Алексахин А.А. Определение охлаждения теплоносителя в трубопроводах тепловых сетей // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.74. – К.: Техніка, 2006. – С. 349-355.

5.Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. – М.: Наука, 1967. – 368 с.

Получено 26.04.2007